УДК 004.942

Ю.И. Нечаев[1], А.Д. Пипченко[2]
[1]Институт высокопроизводительных вычислений и информационных систем,
г. Санкт-Петербург, Россия
[2]Одесская национальная морская академия, Украина

Оперативный контроль мореходных качеств судна в штормовых условиях

Обсуждаются алгоритмы и критериальный базис контроля мореходности судна в штормовых условиях. Основное внимание обращается на оценку качки и заливаемости при непрерывном изменении динамики судна и внешней среды. Контроль осуществляется на основе принципа конкуренции. В качестве конкурирующей вычислительной технологии рассмотрены искусственные нейронные сети. Тестирование алгоритмов осуществлено на основе имитационного моделирования динамики взаимодействия судна с внешней средой в экстремальных ситуациях. Оценка адекватности произведена путем сопоставления результатов моделирования с данными гидродинамических испытаний.

Введение

Управление судном как сложным динамическим объектом (ДО) в условиях быстропротекающих процессов взаимодействия с внешней средой связано с решением задач анализа и интерпретации информации на основе данных динамических измерений. Использование методов и средств обработки информации на базе вычислительных технологий в рамках принципа конкуренции позволяет повысить их функциональную эффективность, надежность и живучесть. Алгоритмическое и программное обеспечение выступают в роли одного из основных концептуальных элементов в задачах управления и принятия решений. Именно этот элемент является одним из наиболее трудоемких продуктов при ее разработке и адаптации алгоритмов для конкретного судна.

Неопределенность и неполнота исходной информации накладывают дополнительные сложности при решении проблемы построения вычислительной технологии. Реализация эффективных алгоритмов анализа и интерпретации данных о качке и заливаемости судна, представляющих собой сложный интегрированный вычислительный комплекс, является актуальной задачей использования новых идей и методов, требующих значительных вычислительных ресурсов в жестких временных ограничениях. Методологической основой для построения алгоритмических процедур оценки качки и заливаемости в нечетких условиях является концепция оптимальности решения и имеющихся ресурсов (нечеткая цель и ограничения) и концепция удовлетворения этим условиям. Основное внимание при решении этих задач уделяется анализу особенностей структурирования и обработки информации при описании поведения судна в экстремальных ситуациях на базе новых подходов и вычислительных технологий, обеспечивающих повышение надежности принимаемых решений по обеспечению безопасности мореплавания [1-13].

1. Постановка задачи

Рассмотрим стохастическую дискретную систему с r-мерным пространством входов. Выходы системы в момент времени t представляют собой вектор-столбцы $\theta_t, \Psi_t, \ldots, \zeta_t$ параметров колебательного движения, определяющих динамику взаимо-

действия судна с внешней средой в штормовых условиях. Измерения фиксируются в дискретные моменты времени 1,2,3,…,t и характеризуют траектории параметров, образующих информационный вектор [2]:

$$J = \{\theta_t, \Psi_t, \ldots, \zeta_t, \ldots, t \in [0,T]\}, \qquad (1)$$

где T – время наблюдений.

На основе данных о параметрах $\theta_t, \Psi_t, \ldots, \zeta_t$ необходимо построить функцию анализа и прогноза качки и заливаемости судна, наилучшим образом отображающую тенденции в изменении компонент информационного вектора (1).

Задавая предельные значения $\theta_t^*, \Psi_t^*, \ldots, \zeta_t^*$ характеристик судна, исходя из обеспечения требований мореходности, можно установить интервал времени $\tau = \tau_{min}$, в пределах которого обеспечивается безопасная эксплуатация судна в штормовых условиях:

$$\tau = \tau_{min} \text{ при } \theta(t_1) \le |\theta^*|, \Psi(t_2) \le |\Psi^*|, \ldots, \zeta(t_n) \le |\zeta^*|. \qquad (2)$$

При решении поставленной задачи учитываются особенности гидроаэродинамического взаимодействия судна с внешней средой. В результате устанавливаются существенные факторы, определяющие виды колебательного движения и формируется соответствующая структура моделей информационной поддержки судоводителя при принятии управленческих решений.

Особенности оперативного контроля качки и заливаемости (рис. 1) в непрерывно изменяющейся динамической среде приводят к необходимости разработки вычислительной технологии, адекватно отображающей сложные процессы взаимодействия судна в различных условиях эксплуатации, в том числе и в экстремальных ситуациях.




Рисунок 1 – Динамические картины, характеризующие сильную качку и заливаемость в штормовых условиях

При формализации знаний таких систем с достаточной для практических целей точностью выделяют определенные промежутки времени, в течение которых состояние системы меняется незначительно (теория нечетких интервалов). Это позволяет рассматривать процессы как *квазистационарные* и использовать в пределах таких интервалов хорошо разработанный аппарат классической математики и «инженерии знаний» [5], [7]. Гипотеза квазистационарности позволяет рассматривать процесс изменения состояния динамической системы происходящим дискретно. Адекватное отображение такой информации связано с использованием *интегрированных моделей* анализа и интерпретации информации, соединяющих возможности схем представления на разных уровнях абстракции. При этом логическая структура определяет модель объекта управления, а продукционная – модель принятия решения.

2. Принцип конкуренции в системах принятия решений

Исследуемые модели и объекты управления представляют собой класс динамических систем, состояние которых непрерывно изменяется во времени. Особенности поведения судна в непрерывно изменяющейся среде определяют использование различных подходов, сочетающих традиционные методы и модели анализа и прогноза динамических ситуаций с новым математическим аппаратом, включающим нечеткие модели, искусственные нейронные сети (ИНС) и генетические алгоритмы (ГА) [2], [8], [9]. Повышение достоверности оценки и прогноза развития ситуации достигается с использованием нового подхода к обработке информации, основанного на развитии концепции «мягких вычислений» [13]. Этот подход предусматривает использование теоретических принципов, позволяющих обеспечить рациональную организацию вычислительной технологии анализа экстремальной ситуации, а также формализовать неопределенность при реализации информационной поддержки судоводителя (рис. 2) [2], [9].

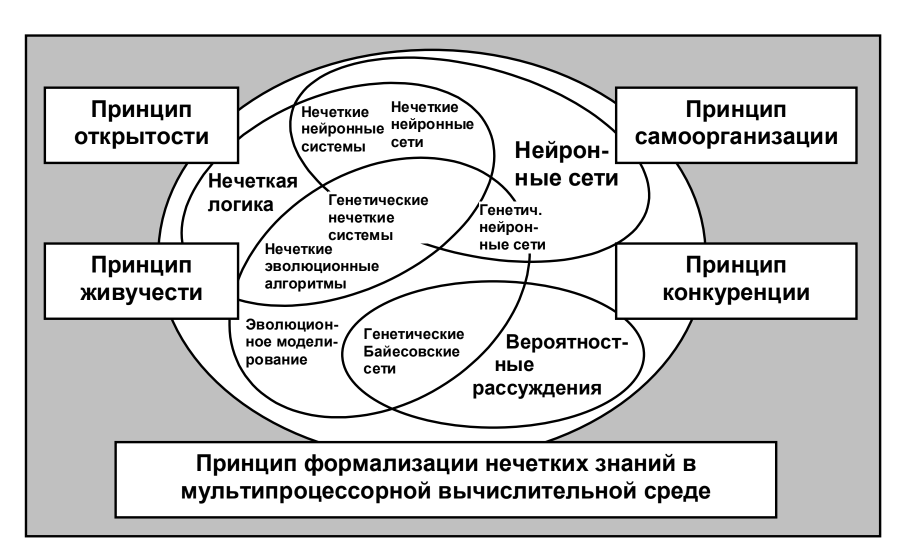


Рисунок 2 – Принципы обработки информации в рамках концепции мягких вычислений

Принцип конкуренции обеспечивает сравнительный анализ результатов оценки ситуации с использованием традиционных и нейросетевых моделей. Используемые процедуры параллельной обработки информации при реализации этого принципа отражают процесс функционирования бортового вычислительного комплекса – от момента получения информации от датчиков измерительной системы до выработки практических рекомендаций.

Принцип формализации нечеткой информации позволяет осуществлять информационную поддержку судоводителя в непрерывно изменяющихся условиях динамики судна и внешней среды. При этом открываются перспективы программной реализации сложных моделей представления и обработки знаний; обеспечивается функционирование комплекса в режиме реального; устраняются трудности решения задач при распараллеливании вычислительного процесса с существенной нерегулярностью вычислений, характерной для интегрированных комплексов [9].

Реализация отмеченных принципов дает возможность повысить *эффективность* контроля сложных динамических ситуаций при непрерывном изменении динамики объекта и внешней среды. Проверка корректности алгоритмов управления и принятия

решений осуществляется формальным путем на основе общих требований к алгоритмическому обеспечению системы. При этом учитываются специфические свойства таких алгоритмов: непротиворечивость, устойчивость и самосогласованность.

3. Архитектура и особенности программного комплекса

Разработка программного комплекса анализа и прогноза качки и заливаемости судна в штормовых условиях связана с решением актуальных задач контроля, диагностирования и управления. Эти задачи характеризуют функционирование судна как динамической системы при высокой вероятности безотказной работы и заданной эффективности. Основой такой системы является управление техническим состоянием по результатам контроля и прогнозирования значений динамических параметров судна и внешней среды. Вычислительный комплекс (рис. 3) обрабатывает поток информации от датчиков измерительной системы и функционирует в режиме реального времени в зависимости от особенностей динамики взаимодействия судна с внешней средой в сложной гидрометеорологической обстановке [2], [9].

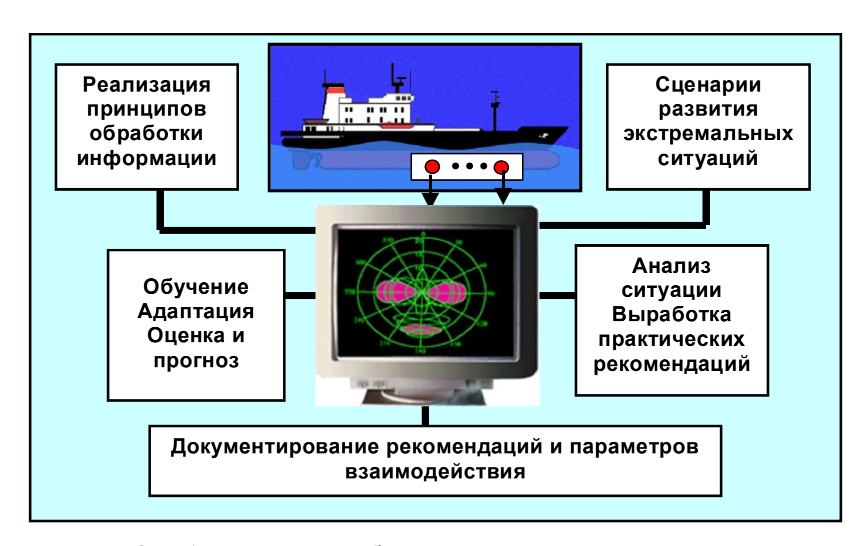


Рисунок 3 – Архитектура бортового программного комплекса

Поведение судна как динамической системы описывается вектором состояния $x = \{x_i\}$ $(i = 1,\ldots,n)$. На систему воздействуют внешние возмущения, характеризуемые вектором $W = \{W_k\}$ $(k = 1,\ldots,K)$. Выходные координаты системы $y = \{y_j\}$ $(j = 1,\ldots,m)$ представляют собой регулируемые величины, зависящие от управляющих воздействий $U = \{u_q\}$ $(q = 1,\ldots,Q)$, под которыми понимаются практические рекомендации по обеспечению безопасности судна в рассматриваемой ситуации. Оперативный контроль и выдача практических рекомендаций $R_1,\ldots, R_n$ осуществляются в условиях неопределенности $U_1,\ldots, U_Q$ на основе алгоритмов обработки информации в режиме реального времени.

В рамках сформулированных принципов обработки информации разработана модель информационной поддержки судоводителя, которая использует набор лингвистических операторов (правил) в зависимости от конкретной ситуации. Такая модель функционирует в рамках рассматриваемого подхода к преобразованию информации, осуществляя ее кодирование и обработку в виде набора правил $(A_1 \rightarrow B_1),\ldots,(A_m \rightarrow B_m)$. Таким образом, модель информационной поддержки представляет собой множество взаимосвязанных каналами передачи данных и логическими схемами программных объектов, имитирующих динамику поведения сложной системы. Процесс имитации в

реальном времени поддерживается управляющей компонентой, координирующей последовательность обработки модельных и временных событий. При моделировании сложных процессов взаимодействия дополнительно используется система имитационного моделирования [8], [9], а интеграция знаний осуществляется на основе специально разработанных интерфейсов.

Формализация понятий и знаний при реализации системы информационной поддержки судоводителя достигается на основе теории нечетких множеств [1], [6]. Нечеткие отношения

$$R = A \to B, \quad (3)$$

заданные между областью X и областью Y в виде нечеткого подмножества прямого произведения X×Y, определяются по формуле

$$R = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \left\{ \left(\mu_R(x_i, y_j) \mid (x_i, y_j) \right) \right\}, \quad (4)$$

где $X = \{x_1,\ldots,x_n)$ – область посылок; $Y = \{y_1,\ldots,y_m\}$ – область заключений; $\mu_R(x_i,y_j)$ – функция принадлежности (ФП) (x_i,y_j) нечеткому отношению R; $\mu_R(x_i,y_j) \in [0,1]$; знак $\sum$ означает совокупность (объединение) множеств.

Для продукционных правил, использующих нечеткие множества $A(A \subset X)$ и $B(B \subset Y)$, один из распространенных способов построения нечеткого соответствия имеет вид:

$$R = A \times B = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \left\{ \left(\mu_A(x_i) \wedge \mu_B(y_i) \mid (x_i, y_j) \right) \right\} \quad (5)$$

или

$$\mu_R(x,y) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(y) = \min\,(\mu_A(x) \wedge \mu_B(y)), \quad (6)$$

где $\mu_A(x)$ и $\mu_B(y)$ – ФП элементов x,y множествам A и B.

Алгоритмы нечеткого вывода в основном различаются видом используемой операции нечеткой импликации. В бортовом вычислительном комплексе находят применение различные модели нечеткого вывода, основанные на расширении принципа композиции Л. Заде [1]. В основном это модели Мамдани и Сугено [9].

Рациональный учет особенностей поведения судна под воздействием внешних возмущений требует разработки системы критериальных оценок, обеспечивающих проверку безопасности судна в рассматриваемой экстремальной ситуации в виде глобальной и локальной систем нормирования. Глобальная система критериев включает национальные и международные требования, которые обеспечиваются независимо от типа судна. Локальная система разрабатывается в процессе создания системы знаний и учитывает характерные особенности исследуемого судна, основанные на более совершенных методах формализации информации с учетом ее неполноты и неопределенности в рамках концепции «мягких вычислений».

4. Анализ альтернатив и принятие решений

Постановка задачи анализа альтернатив при информационной поддержке принятия решений состоит в следующем. Имеется информация, характеризующая область принятия решений. Эта информация может быть представлена кортежем [10]:

$$\langle A, E, S, T \rangle, \quad (7)$$

где A – множество альтернатив; E – среда задачи принятия решений; S – система предпочтений лица, принимающего решение; T – действие над множеством альтернатив A.

В процессе анализа на основании операций в нечеткой среде необходимо найти наиболее предпочтительную альтернативу, то есть вариант решения, удовлетворяющий ограничениям задачи и являющийся способом достижения цели. Конкретизируем рассмотренную постановку задачи (8) на основе подхода Беллмана – Заде [3]. Рассмотрим X – универсальное множество альтернатив и отображение φ:X$\rightarrow$Y, значениями которого являются элементы множества Y, которое понимается как некоторые оценки выбора соответствующих альтернатив. Нечеткая цель задается в виде нечеткого подмножества универсального множества реакций Y, то есть в виде ФП μ_G:Y$\rightarrow$[0,1].

Решение задачи состоит в достижении цели при заданных нечетких ограничениях. Пусть некоторая альтернатива x обеспечивает достижение цели со степенью μ_G(x) и удовлетворяет ограничениям со степенью μ_C(x). Тогда степень принадлежности альтернативы x решению задачи равна минимальному из этих чисел, то есть ФП решения

$$\mu_G(x) = \min \{\mu_G(x), \mu_C(x)\}. \qquad (8)$$

Или при наличии нескольких целей и ограничений:

$$\mu_G(x) = \min \{\mu_{G1}(x), \ldots, \mu_{Gn}(x), \mu_{C1}(x), \ldots, \mu_{GN}(x)\}. \qquad (9)$$

С учетом важности целей λi и ограничений νj ФП принимает вид:

$$\mu_G(x) = \min \{\lambda_1\mu_{G1}(x), \ldots, \lambda_n\mu_{Gn}(x), \nu_1\mu_{C1}(x), \ldots, \nu_m\mu_{GN}(x)\}. \qquad (10)$$

Неопределенность выбора альтернативы с максимальной степенью принадлежности нечеткому решению (максимизирующее решение), определяется условием:

$$\max_{x\in X} \mu_D(x) = \max_{x\in X} \min\{\mu_G(x), \mu_C(x)\}. \qquad (11)$$

Выражения (7) – (11) позволяют решать практические задачи анализа альтернатив при проектировании системы информационной поддержки оператора.

5. Тестирование и оценка эффективности решений

Сложность рассматриваемой проблемы и формального аппарата для ее решения требуют проведения ресурсоемких экспериментальных исследований ситуаций, возникающих в процессе эксплуатации. Исходные данные тестирования задают соответствие между задачей и симптомами. Процедуры тестирования основаны на применении механизмов принятия решений.

Задача тестирования программного комплекса представляется в виде [2]:

$$\langle H_i, S_j, T_k \rangle, \qquad (12)$$
$$(i=1,\ldots,n\ ;j=1,\ldots,m;\ k\text{-}1,\ldots,q),$$

где H, S, T – множества гипотез, симптомов и задач.

Исходные данные задачи тестирования представляются матрицами G и R. В частном случае, при однозначном соответствии между симптомами и задачами, матрица R является единичной. Тогда исходные данные можно описать путем замены в матрице R симптомов на соответствующие им задачи, добавив справа вектор-столбец затрат:

$$G = \begin{matrix} \\ S_1 \\ \vdots \\ S_m \\ \\ \end{matrix} \begin{matrix} H_1 & \cdots & H_n \\ \left[\begin{matrix} w_{11} & \cdots & w_{n1} \\ \vdots & w_{ij} & \vdots \\ w_{1m} & \cdots & w_{nm} \end{matrix}\right] \\ E_1 & \cdots & E_n \end{matrix} ; R = \begin{matrix} T_1 \\ \vdots \\ T_\ell \end{matrix} \begin{bmatrix} v_{11} & \cdots & v_{1m} \\ \vdots & v_{kj} & \vdots \\ v_{\ell 1} & \cdots & v_{\ell m} \end{bmatrix} \begin{matrix} C_1 \\ \vdots \\ C_\ell \end{matrix}. \qquad (13)$$

Здесь E_i ($i = 1,\dots, n$) – оценки; C_k ($k = 1,\dots, l$) – затраты; w_{ij} ($i = 1,\dots, n$; $j = 1,\dots, m$) – вес симптома в данной гипотезе; v_{kj} ($k = 1,\dots, l$; $j = 1,\dots, m$) – характеристический вектор, задающий соответствие между задачей и симптомами.

Тестирование динамики взаимодействия судна с внешней средой ведется путем моделирования, осуществляемого на базе программного комплекса, обеспечивающего анализ и прогноз развития ситуаций, связанных с оценкой мореходных качеств судов. Типичные ситуации, связанные с анализом поведения судна при качке и заливаемости на волнении, описываются системами дифференциальных уравнений. В частности, режимы колебательного движения судна в режиме основного и параметрического резонанса могут быть описаны с помощью системы дифференциальных уравнений килевой, бортовой и вертикальной качки [4], [11]:

$$\begin{gathered}
(Jx+\mu_{\theta\theta})\theta'' + M_R(\theta') + M(\theta,\varphi_k,t) = M_x(t); \\
(D/g + \mu_{33})\zeta_G'' + \nu_\zeta\zeta_G' + \rho g S\zeta_G + \mu_{33}x_1\psi'' + (\nu_{\zeta\psi} - v_0\mu_{33})\psi' + (\rho g S l - v_0\nu_\zeta)\psi = \\
= - r_0(\rho g a_0 - \sigma^2 a_0'' - \sigma b_0')\cos \sigma t - r_0(\rho g b_0 - \sigma^2 b_0'' + \sigma a_0')\sin \sigma t; \qquad (14) \\
(Jy + \mu_{55})\psi'' + [\nu_\zeta + (v_0^2/\sigma^2)\nu_\zeta]\psi' + (DH\psi - v_0^2\mu_{33})\psi + \mu_{33}x_1\zeta_G'' + \\
(\nu_{\zeta\psi} + v_0\mu_{33})\zeta_G' + (\rho g S l + v_0\nu_\zeta\zeta_G = - r_0(\rho g a_1 - \sigma^2 a_1'' - \sigma b_1')\cos \sigma t - \\
- r_0(\rho g b_1 - \sigma^2 b_1'' + \sigma a_1')\sin \sigma t,
\end{gathered}$$

где $(Jx+\mu_{\theta\theta})\theta''$, $M_R(\theta')$, $M(\theta,\varphi_k,t)$, $M_x(t)$ – инерционная, демпфирующая, восстанавливающая и возмущающая компоненты; остальные обозначения соответствуют принятым в работе [11].

Все уравнения в (15) записаны в абсолютной системе координат, что представляется наиболее удобным для решения практических задач моделирования и визуализации динамических ситуаций в системе информационной поддержки судоводителя. Численное интегрирование системы (15) проводится с использованием данных о динамике ветроволновых возмущений. Наиболее распространенная аппроксимация частотного спектра штормового (ветрового) волнения принимается в форме Пирсона-Московица [4]:

$$S_\zeta(\omega) = A_W \omega^{-5} \exp\left[- B_W \omega^{-4}\right] . \qquad (15)$$

При количественной оценке риска принимаемых решений величина риска R определяется на основе сочетаний события A (последствия события) и величины его наступления P, то есть $R = A{\cdot}P$. Обобщая эту формулу на непрерывный случай, получаем

$$R(x) = \int_{A_{\min}}^{A_{\max}} A(x)P(x)\,dx\,, \qquad (16)$$

где P(x) – некоторая вероятностная мера на σ-алгебре пространства событий $[A_{\min}, A_{\max}]$.

Анализ рисков позволяет построить *матрицу риска* [5], общий вид которой для морских катастроф представлен на рис. 4. Такая интерпретация риска представляет собой зависимость частоты возникновения опасностей P от уровня последствий A. При построении матрицы риска устанавливается обобщенный уровень риска R как произведение вероятности возникновения опасности P на последствие A от воздействия указанной опасности на исследуемое событие.

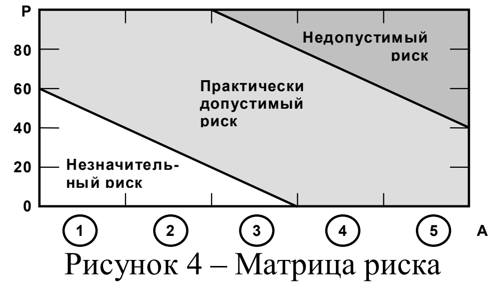


Рисунок 4 – Матрица риска

При оценке опасности риска морских катастроф выделяют ситуации, связанные с нарушением технического состояния корпуса, машин, механизмов и систем ДО, а также ситуации, возникающие вследствие нарушения технологии перевозки грузов. Вероятность Р в этом случае определяется по 5-балльной шкале.

Таблица 1 – 5-балльная шкала вероятности

Уровень последствий, С	1	2	3	4	5
Частота возникновений опасности Р, %	0 – 20	21 – 40	41 – 60	61 – 80	81 – 100

Анализ матрицы риска позволяет выделить следующие уровни риска: незначительный риск, практически допустимый риск и недопустимый риск. Формализованная оценка безопасности судна предполагает использование процедур управления риском в ситуациях, которые отнесены к недопустимому риску.

Взаимодействие судоводителя с компьютерной программной системой реализуется с помощью системы информационной поддержки судоводителя (рис. 5). Интерфейс «Судоводитель – Программный комплекс» обеспечивает создание максимальных удобств и комфортной среды с помощью таких свойств, как моделирование сложных динамических сцен, развитая система подсказок, самообучение и настройка диалога с учетом требований и возможностей судоводителя [2]. Особенно сложной является организация адекватного диалога, содержащего компоненты, связанные с разработкой, редактированием и генерацией сценариев диалога в нестандартных и экстремальных ситуациях, требующих привлечения графической информации, в том числе и когнитивной компьютерной графики [7].

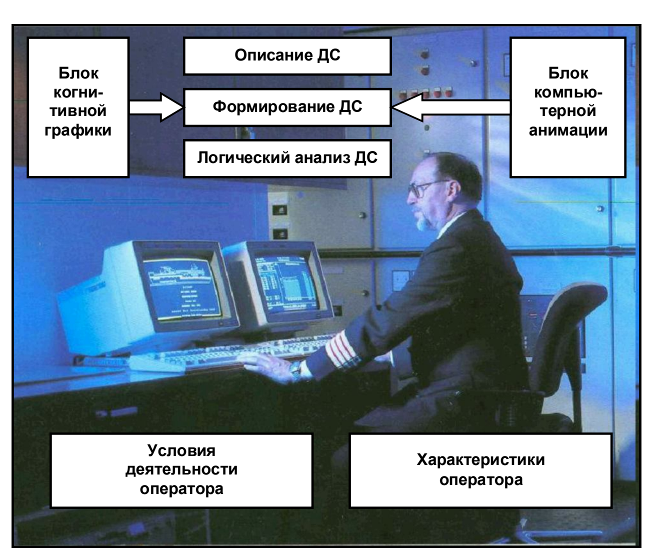


Рисунок 5 – Интерфейс «Судоводитель – Программный комплекс» (ДС – динамическая ситуация)

Формирование сценария диалога и декомпозиция процесса взаимодействия с учетом механизма адаптации под конкретного пользователя обеспечивает интерфейсу свойства интеллектуальности.

Заключение

Информационная технология создания бортового вычислительного комплекса сформулирована на основе принципов обработки информации в мультипроцессорной вычислительной среде.

1. Нечеткая система знаний в этом комплексе обеспечивает формализацию сложного гидроаэродинамического взаимодействия судна с внешней средой в рассматриваемых экстремальных ситуациях.

2. Структура комплекса включает компоненты, обеспечивающие восприятие и преобразование информации на основе алгоритмов реального времени.

3. Система информационной поддержки судоводителя организована в виде нечетких логических операторов, позволяющих реализовать оценку опасности ситуации и прогноз ее развития, а также непрерывный контроль характеристик мореходности судна в условиях неопределенности и неполноты исходных данных.

Практическая реализация бортового вычислительного комплекса предполагается на морских судах различного назначения, выполняющих регулярные рейсы в заданных условиях эксплуатации. Вычислительный комплекс позволяет осуществлять выбор оптимальных условий штормования в зависимости от складывающейся ситуации и выдавать практические рекомендации по изменению курса и скорости судна.

Литература

1. Нечеткие множества в задачах управления и искусственного интеллекта / А.Н. Аверкин, А.Н. Батыршин, А.Ф. Блишун, В.Б. Силов, В.Б. Тарасов / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука, 1986.
2. Интеллектуальные системы в морских исследованиях и технологиях / В.Л. Александров, А.П. Матлах, Ю.И. Нечаев, В.И. Поляков, Д.М. Ростовцев. – Санкт-Петербург: ГМТУ, 2001.
3. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях. – М.: Мир, 1976.
4. Бородай И.К., Нецветаев Ю.А. Мореходность судов. – Л.: Судостроение, 1982.
5. Егоров Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории рисков. – Санкт-Петербург: Судостроение, 2007.
6. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976.
7. Зенкин А.А. Когнитивная компьютерная графика. – М.: Наука, 1991.
8. Нечаев Ю.И. Математическое моделирование в бортовых интеллектуальных системах реального времени // Тр. 5-й Всероссийской конференции «Нейроинформатика-2003». – М.: МИФИ, 2003. – Лекции по нейроинформатике. Часть 2. – С. 119-179.
9. Нечаев Ю.И. Концептуальные основы создания бортовых интеллектуальных систем. Информационно-измерительные и управляющие системы. – Ч. 2: Корабельные системы. – № 9. – С. 39-49.
10. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. – М.: Радио и связь, 1990.
11. Справочник по теории корабля: В 3 т. – Л.: Судостроение, 1985.
12. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника. – М.: Мир, 1992.
13. Zadeh L. Fuzzy logic, neural networks and soft computing // Commutation on the ASM-1994. – Vol. 37, № 3. – P. 77-84.

Ю.І. Нечаєв, А.Д. Пипченко

Оперативний контроль мореплавних якостей судна у штормових умовах
Обговорюються алгоритми і критеріальний базис контролю мореплавства судна у штормових умовах. Основна увага звертається на оцінку хитавиці і заливаності при безперервній зміні динаміки судна і зовнішнього середовища. Контроль здійснюється на основі принципу конкуренції. Як конкуруюча обчислювальна технологія розглянуті штучні нейронні мережі. Тестування алгоритмів здійснене на основі імітаційного моделювання динаміки взаємодії судна із зовнішнім середовищем в екстремальних ситуаціях. Оцінка адекватності проведена шляхом зіставлення результатів моделювання з даними гідродинамічних випробувань.

Yu.I. Nechayev, A.D. Pipchenko

The algorithms and criteria basis of the control of a ship seaworthiness in storm conditions are discussed. The basic attention addresses on an estimation rolling and flooding at continuous change of ship dynamics and environment. The control is carried out on the basis of a competition principle. As competing computing technology are considered of the artificial neural network. The testing of algorithms is carried out on the basis of imitating modeling of dynamics interaction of a ship with environment in extreme situations. The estimation of adequacy is made by comparison results of modeling with the data of hydrodynamical tests.

Статья поступила в редакцию 02.07.2008.